Biostructures construites par la faune dans les sols et les sédiments

Colette JEANSON

Traces, empreintes, véritables constructions... de nombreuses biostructures, laissées et édifiées par les animaux et les microorganismes du sol ont été decrites dans diverses publications. Cinq d'entre elles regroupent l'essentiel de la bibliographie (Jeanson, 1968, 1972, 1976, 1980, 1985). Quelques exemples seront résumés ici.

Plus récemment, des agrégats élaborés par des microarthropodes de sols actuels ont permis d'identifier des concrétions carbonatées dans formations sédimentaires (Jeanson *et al.*, 1996).

Peut-être pourront-ils attirer l'attention des préhistoriens sur des traits analogues qui pourraient exister dans les paléosols et leur permettre d'étendre leurs interprétations ou de développer de nouvelles hypothèses.

Objectif

Les sols actuels évoluent sous nos yeux mais leur formation relève aussi d'un passé plus ou moins ancien. De nombreux phénomènes physiques, chimiques, biologiques y ont laissé des traces, qu'il s'agit de déchiffrer. Comme les préhistoriens à propos des paléosols, il importe de dissocier la part de chacun d'eux et de reconstituer l'histoire de leur genèse.

Des êtres vivants existent dans tous les sols actuels : des animaux se déplacent, s'alimentent et y séjournent, des microorganismes y prolifèrent. Quelles traces laissent-ils à différentes profondeurs ? Comment les matériaux sont-ils modifiés ? Enregistrent-ils les empreintes du passage, de l'habitat, de la croissance ou du métabolisme de ces organismes ?

Pour tenter de répondre à toutes ces questions, l'auteur a développé un domaine interdisciplinaire: « la pédozoologie » (Jeanson, 1961) et, en particulier, a décrit les traces de l'impact des invertébrés dans divers types de sols. Cela dans la perspective de mettre en évidence les relations de la pédogenèse avec la pédofaune.

La forme, la couleur, la taille, la nature et l'agencement des matériaux qui composent les biostructures donnent des informations sur les organismes responsables ainsi que sur les phénomènes du milieu où ces biostructures se sont inscrites.

Matériel et méthodes

Les études portent sur 4 sols actuels et 2 sédiments marin et estuarien. Les biostructures construites par 25 espèces animales terricoles et 2 vasicoles sont observées et analysées à 5 niveaux d'investigation, du milieu naturel au niveau ultramicroscopique (Jeanson, 1977).

Les sols en place sont étudiés par des méthodes pédologiques; il s'agit: d'un sol de limon cultivé (Jeanson, 1968), d'un sol brun calcaire et d'une rendzine forestière tempérée (Jeanson, 1980, 1985), d'un sol ferrugineux tropical (Jeanson *et al.*, 1977) d'un vertisol (Jeanson *et al.*, 1983).

Les biostructures décrites sont construites par 27 espèces d'invertébrés. Pour les sols il s'agit de vers : lombrics et nématodes (Jeanson, 1964, 1966, 1969), de mollusques gastéropodes, d'arthropodes: myriapodes, arachnides, crustacés, insectes (Jeanson, 1976, 1980, 1985), de protozoaires thécamoébiens (Jeanson, 1974). Pour les sédiments marins, il s'agit de polychètes : *Maldane* et *Nereis* (Jeanson, 1972 ; Dupont et Jeanson, 1977).

Les observations faites dans le milieu naturel sont complétées par des données obtenues au laboratoire sur des modèles expérimentaux réalisés par la méthode de pédozoologie expérimentale (Jeanson, 1961, 1968). Ces deux types d'échantillons sont soumis à une analyse en microscopie intégrée:

1) par la méthode de micromorphologie du sol sur des lames minces de grandes dimensions 20 cm x 10 cm x 30 μm examinées à la loupe binoculaire et au microscope polarisant (Jeanson, 1964, Jeanson et Verbeke, 1975), à l'analyseur d'images (Jeanson *et al.*, 1977);
2) par l'analyse élémentaire à la microsonde électronique, (Jeanson, 1968, 1969) et au microscope électronique à balayage à sonde (Jeanson, 1971, 1979, 1983);
3) par l'analyse molécuJaire à la microsonde laser à effet Raman (Jeanson, 1981).

Résultats

Prenons quelques exemples de biostructures construites par des vers, des microarthropodes et des insectes.

Les vers de terre produisent des agrégats terreux, soit à l'intérieur du sol, soit en surface, selon l'espèce à laquelle ils appartiennent et à la profondeur à laquelle ils vivent. Il sont très nombreux dans les prairies et bien moins dans les sols cultivés. En surface ces agrégats qui sont en réalité des rejets coprogènes, ont une forme caractéristique qui les a fait appeler turricules. Ils ont un demi à quelques centimètres de hauteur sur la plupart des sols tempérés et 10 à 20 cm sur certains sols tropicaux. Les vers de terre construisent aussi des galeries et des loges d'habitation qui peuvent être tapissées de rejets organiques de couleur brun-noir. Les réseaux de galeries et donnent au sol une porosité caractéristique (Jeanson *et al.*, 1977). Les parois des galeries conservent les empreintes des anneaux de leur corps (Jeanson, 1971). Elles peuvent être aussi revêtues de mucosités. Des oxydes de fer, de manganèse et de carbonate de calcium, indices de variation du pH, de l'humidité, de l'oxydo-réduction, se concentrent au voisinage immédiat des galeries (pl. I).

Les terriers de *Maldane glebifex* et de *Nereis diversicolor* dans les sédiments marins et estuariens présentent des structures analogues (Jeanson, 1972, Dupont et Jeanson, 1977) (fig. 13).

Les microarthropodes construisent des agrégats beaucoup plus petits en relation avec la taille de leur organisme, de 50 à 800 m dans leur plus grande dimension (pl. II). Ils sont sphériques, ovoïdes, aplatis, isolés ou en amas et formés de composés minéraux, organiques ou organominéraux (Jeanson, 1979). Des fragments végétaux à structure cellulaire visible sont souvent présents dans les déjections de collemboles, d'acariens et de myriapodes (fig. 1 et 3).

Les forficules sont des insectes fréquents dans les litières en lisière de forêts de feuillus, dans les zones horticoles et dans les vergers. Leurs déjections sont subsphériques, de 1 mm de diamètre environ, isolées ou associées par 3 ou 4 (fig. 4 et 7). Elles englobent dans une substance organique amorphe de nombreux pollens caractéristiques de la phytosociologie du milieu, des colonies bactériennes, du mycélium et des microcristaux de sulfate de calcium (Jeanson, 1985).

L'activité biologique dans les sols peut aussi se manifester par des traces plus simples non construites : des encoches dans le parenchyme foliaire dues aux prélèvements réalisés par des thécamoébiens, des acariens ou des myriapodes, des microcratères de dissolution sur des nodules d'oxydes de fer à la base de colonies de bactéries filamenteuses (fig. 9), des pistes de nématodes sur une argile de grotte (fig. 11)...

Des concrétions carbonatés de quelques milimètres, appelées traditionellement « cocons » par les géologues, ont été identifiées (Jeanson *et al.*,1996) en les comparant aux agrégats-déjections d'arthropodes, les glomeris (myriapodes, diplopodes), décrites par Jeanson 1981, provenant de sols actuels et surtout d'élévages dans des microcosmes controlés (Jeanson1968). Elles sont identiques par leur taille, leur forme, les empreintes en cannelures laissées en surface de la concrétion-déjection par le tube digestif des glomeris (planche VI, 3). IV

L'aspect de la surface de ces concrétions- déjections et leur composition chimique peuvent aussi conduire à émettre de nombreuses hypothèses sur les états successifs des milieux avec lesquels elles ont évolué.

Ces concrétions carbonatées présentent un développement spatial important dans le Haut-Atlas marocain occidental, dans une grande diversité de fasciès, croûtes en dalles compactes, croûes zonaires, laminées, conglomératiques, édifices travertineux, concrétionnement pédokarstique. (Adolphe et al. 1995). Une étude pluridisciplinaire et multiscalaire a donc ainsi utilisé les données de la pédozoologie pour interpréter des observations géologiques et sédimentologiques. Des relations ont ainsi été établies entre des phénomènes de pédoturbation, paléobioturbation et sédimentation (El Aissaoui 1997). Ces concrétions carbonatées en forme de cocon pourraient être des vestiges de déjections coprogènes de glomeris, myriapodes, diplopodes, très abondants dans les litières des forêts de feuillus qui auraient pu couvrir ces régions du Haut-Atlas ou des zones de bordure; elles auraient ensuite été entrainées par l'érosion et se seraient accumulées dans des formations sédimentaires diversifiées.

Les données de ce champ d'investigation interdisciplinaire, entre les sciences de la Terre et les sciences de la vie qu'est la « pédozoologie », pourraient être appliquées à d'autres formations sédimentaires ou paléopédologiques et se baser sur d'autres analogies avec des biostructures construites par divers animaux terricoles.

Conclusion

Les biostructures des sols et des sédiments sont de véritables microconstructions, visibles parfois en place, à l'œil nu, mais surtout aux microscopes optique et électronique. Elles sont caractéristiques à la fois des animaux qui les ont élaborés, des matériaux et des conditions du milieu.

Des traces plus simples non construites peuvent être aussi des indices d'altération ou de tassement de matériaux par des microorganismes.

Il appartiendra aux préhistoriens de juger si ces données peuvent être utiles à leurs recherches, de transposer éventuellement les résultats obtenus dans les milieux actuels et d'entreprendre des observations analogues dans leurs propres sites.

Bibliographie

ADOLPHE J.P., EL AISSAOUI, H., HOURIMECHE, A., PARADAS, J., SOLEILHAVOUP, F., JEANSON, C.1995. – Contribution à l'étude des biostructures. Exemple marocain. In " Bassins sédimentaire" Actes du 4[e] colloque de géologie africaine. (118[e] congrès des sociétés historiques et scientifiques. Pau, 25-29 octobre 1993). Paris, Éditions CTHS : 259-268.

DUPONT, J.P. et JEANSON, C., 1977 – Micromorphologie des terriers de Vers marin dans des sédiments de la baie de Somme. *In*: Micromorpholigia de Suelos. Delgado Ed., Grenada, p. 833-850.

EL AISSAOUI H., 1997 – Les bioconcrétions carbonatées des sédiments quaternaires du Haut Atlas occidental marocain. Etude sédimentologique, géomicrobiologique et pédozoologique. Thèse Université Pierre et Marie Curie. Paris. Spécialité : Sédimentologie, 25 juin 1997, n° 97-09, 192 p., 36 planches photos, 12 tableaux, 22 figure, 10 graphiques.

JEANSON, C., 1961 – Sur une méthode d'étude du comportement de la faune du sol et de sa contribution à la pédogenése. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 253, p.2471-2573.

JEANSON, C., 1964 – Micromorphologie et Pédozoologie expérimentale : étude sur plaques minces de grandes dimensions (16 cm x 8 cm x 30 /um) de la structure créée par les lombrics. *In*: Soil micromorphology. Jongerius Ed., Elsevier Amsterdam, p. 47-55.

JEANSON, C., 1965 – Micromorphologie du Sol. *Ann. Agron.*, 16 (6), p.693-696.

JEANSON, C., 1968 – Essai de Pédozoologie expérimentale : Morphologie d'un sol artificiel structuré par les Lombricidés. Doctorat d'État, Paris. Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle 46 (3), p. 211-357. Éditions du Muséum, Service des ventes en public, 38 rue Geoffroy St-Hilaire, Paris 5éme.

JEANSON, C., 1969 – Répartition du fer dans un sol artificiel. Étude à la microsonde électronique de Castaing. *In* : Zszezyty problemowe postepownauk rolniczych, Wroclaw (Pologne, p. 123-156.

JEANSON, C., 1971 – Nouvelles données microscopiques sur la contribution de la faune à l'élaboration de la structure du sol. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 272, p.422-424.

JEANSON, C., 1971 – Structure d'une galerie de lombric à la microsonde électronique. *In* : Actes Coll. Internat. Zool Sol, Ann. Zool., p. 513-525.

JEANSON, C., 1972 – Structure biologique dans un sédiment marin. Étude au microscope à balayage et à la microsonde électronique. *In* : Trans. Internat. Geol. Cong., Montréal, p. 536-543.

JEANSON, C., 1972 – Étude microscopique de dépôts de fer, de manganèse et de calcium dans un sol expérimental. Relation avec les microorganismes. *Rev. Écol. Biol. du Sol*, 9 (3). P.479-489.

JEANSON, C., 1972 – Le sol au microscope et à la microsonde électronique. *Science, Progrès et Découverte*, 3444, p.28-33, 3445, p.20-21.

JEANSON, C., 1974 – Décomposition expérimentale de la paille de blé dans un sol de limon. Étude à la microsonde et au microscope à balayage. *In* : Biodégradation-Humification. Kilbertus et al. Ed., Pierron, Sarreguemines, p. 184-194.

JEANSON, C., 1976 – Les méthodes de la microscopie du sol. Historique, Applications, Perspectives. *In* : Arte e Ambiente. Paleni Ed., Poligrafico Artioli, Modène, Italie, p. 13-28.

JEANSON, C., 1979 – Structuration du sol par la faune terricole, incidence sur les concentrations organo-minérales. *In* : Migration organo-minérales dans les sols tempérés. C.N.R.S. Éd., Paris colloque n° 303, p. 114-123. Librairie C.N.R.S., 295, rue St-Jacques Paris 5[e].

JEANSON, C., 1980 – Les mécanismes de structuration des sols. *Journ. microsc Spectros*. Paris, 5, p.105-112.

JEANSON, C., 1981 – The study of mineral and organic material in soils using the laser microspectral analyser (LMA). Initial experiments and perspectives. *In*: Submicroscopy of soils and weathered rocks. lrst workshop of the International Working Group on Submicroscopy of Undisturbed Soil Materials, 1980 Wageningen (P.B.) E.BA. Bisdom Ed., Pudoc, p. 307-308.

JEANSON, C., 1985 – Pédogénèse et pédofaune. Agrégation des matériaux d'un sol brun forestier par les forficules (Insectes, Dermaptères). Micromorphologie et microanalyse. 7ème réunion internationale de Micromorphologie du sol, Institut agronomique, Paris, Résumés, p. 76.

JEANSON, C., et COUTEAUX, M.-M., 1976 – Microanalyse élémentaire de la thèque de Thécamoebiens du genre *Euglypha*. *C.R. Acad. Sci. Paris*, D., 284, p.1895-1898.

JEANSON C., EL AISSAOUI H. et ADOLPHE J.P. ,1996. - Traces de l'activité de Diplopodes dans des sols et des sédiments karstiques du Maroc atlantique. In : GEOFFROY, J.J.,MAURIES J.P. et NGUYEN

DUY-JACQUEMIN, M.M. (eds.) Acta Myriapodologica. Paris. Mém. Mus.Nation. Hist. Nat.169, 555-560. Paris ISBN : 2-85653-502-X.

JEANSON, C., GATEAU, C., LEPPERT, J.-M. et PREVOSTEAU, J.-M., 1977 – Quantitification a l'analyseur d'images des traces de l'activité des lombrics. *In* : Micromorphologia e Suelos, Delgado Ed., Grenada, p. 93-115.

JEANSON, C. et PAULUSSE, J.H.M., 1977 – Structuration du sol par les Isopodes. Étude expérimentale et microscopique. *In* : Proc. Working meeting soil Micromorphology. Lab. Edafologia Ed., Grenada II, p. 6-7.

JEANSON,C. et VERBEKE, R., 1975 – Nouvelles bases de consolidation de matériaux friables et des sols. Répercussion sur la fabrication des lames minces. *Lithoclastia*, 2, p.39-59.

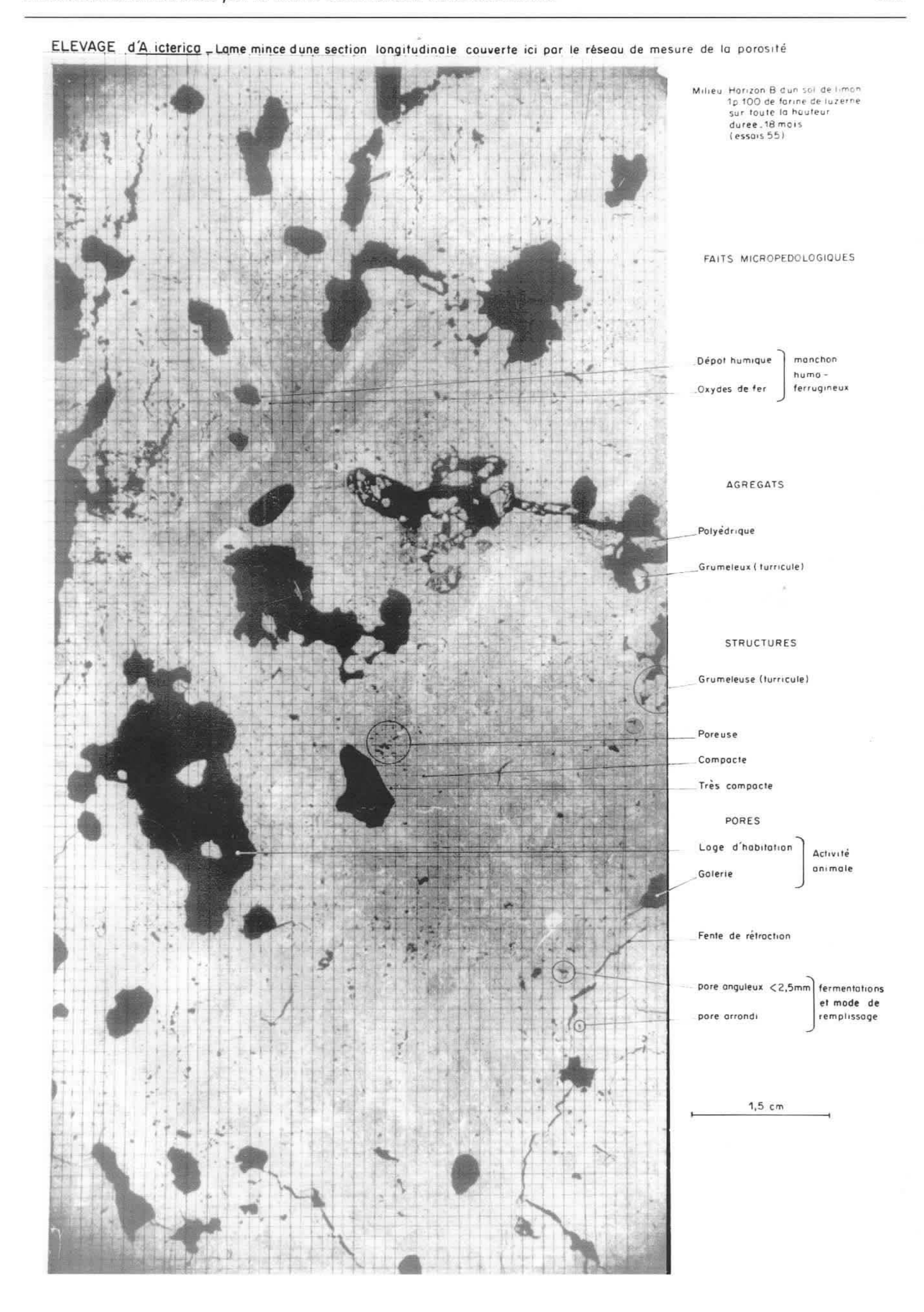
PAULUSSE, J.W.H. et JEANSON, C., 1976 – Structuration du sol par les Diplopodes. Étude expérimentale et microscopique. *In* : Soil organismes as components of Ecosystems. Lohm et Persson Ed., Stockholm, p. 484-488.

ROBAUX, P., JEANSON, C. et BARBIER, D., 1976 – Microstructures construites par *Tyrophagus putrescentiae* dans une argile. Étude expérimentale et microscopique. *In* : Soil organisms as components of Ecosystems. Lohm et Persson Ed., Stockholm, p. 17-21.

STEPHAN, S., BERRIER, J., DE PETRE, AA., JEANSON, C., KOOISTRA, M.J., SCHARPENSEEL, H.W. et SCHIFFMANN, H., 1983 – Characterisation of *in situ* organic constituents in Vertisols from Argentine using submicroscopic and cytochemicalmethods. *Géoderma.*, 30, p.21-24.7.

Planche I. *Biostructures construites par des lombrics et des microorganismes.*
Lame mince dans un modèle de pédozoologie expérimentale, étude micromorphologique.

Planche I. Biostructures built by earthworms and microorganisms.
Thin section in an expérimental model, micromorphological study.


ELEVAGE d'A icterica _ Lame mince d une section longitudinale couverte ici par le réseau de mesure de la porosité
Milieu Horizon B d un sol de limon
1p 100 de farine de luzerne
sur toute la hauteur
duree . 18 mois
(essais 55)
FAITS MICROPEDOLOGIQUES
Dépot humique
Oxydes de fer
manchon humo - ferrugineux
AGREGATS
Polyédrique
Grumeleux (turricule)
STRUCTURES
Grumeleuse (turricule)
Poreuse
Compacte
Très compacte
PORES
Loge d'habitation
Galerie
Activité animale
Fente de rétraction
pore anguleux <2,5mm
pore arrondi
fermentations et mode de remplissage
1,5 cm

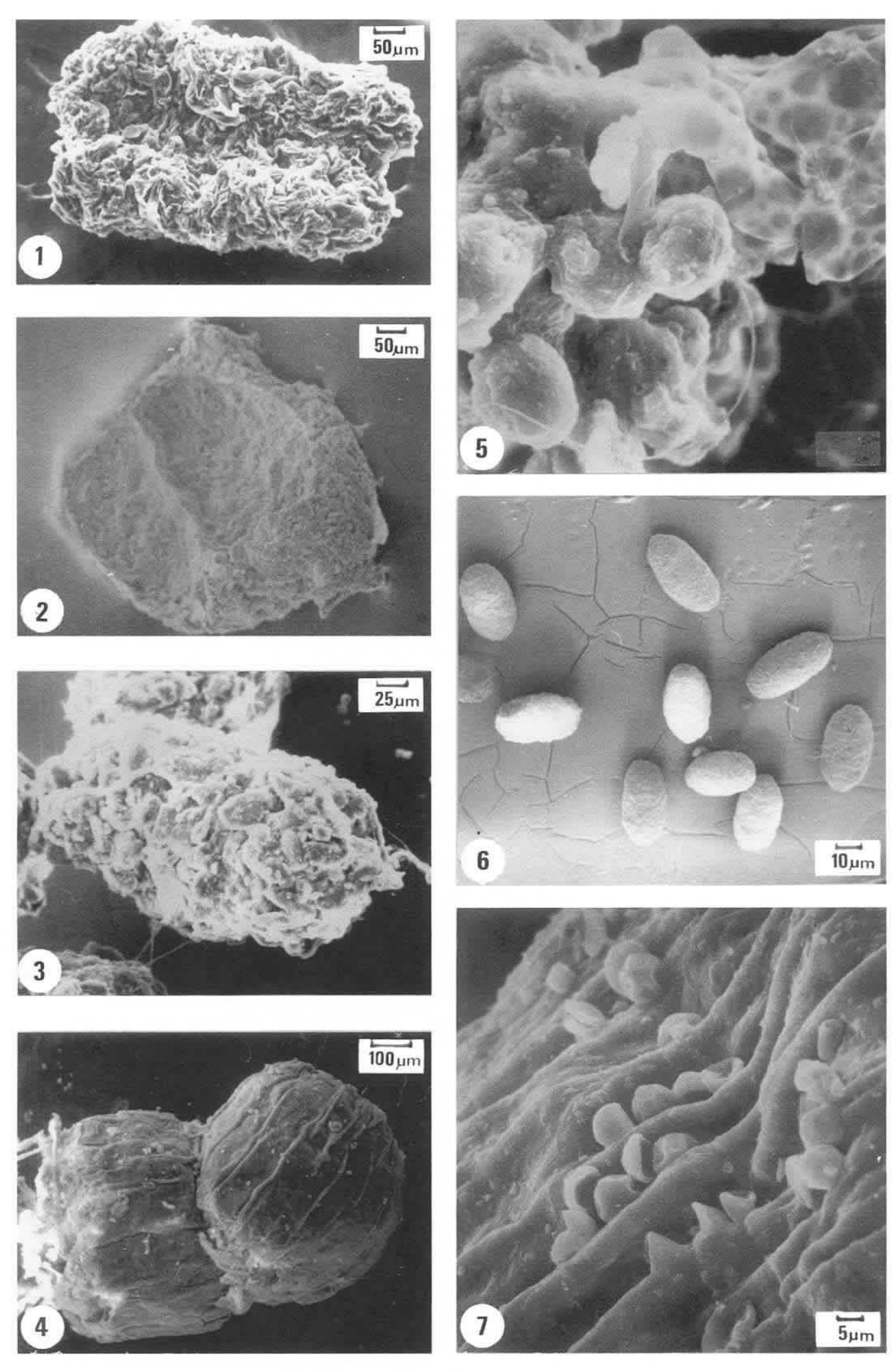


Planche II. *Microstructures construites par des arthropodes et des gastéropodes du sol. Agrégats coprogènes.*
Figure 1. *Agrégat de* Porcellio scaber *(crustacé, isopode).*
Figure 2. *A grégat de* Polydesmus *(myriapode, diplopode).*
Figure 3. *Agrégat de* Orchesella villosa *(collembole, insecte aptérygote).*
Figure 4. *Agrégat de* Forficula auricularia *(insecte, dermaptère).*
Figure 5. *Agrégats de* Tyrophagus putrescentiae *(acarien).*
Figure 6. *Agrégat argilo limoneux de* Pomatias elegans *(mollusque, gastéropode)*
Figure 7. *Pollens à la surface d'un agrégat de forficule. Détail de 4*

Planche II. Biostructures built by soil arthropods and gasteropods.

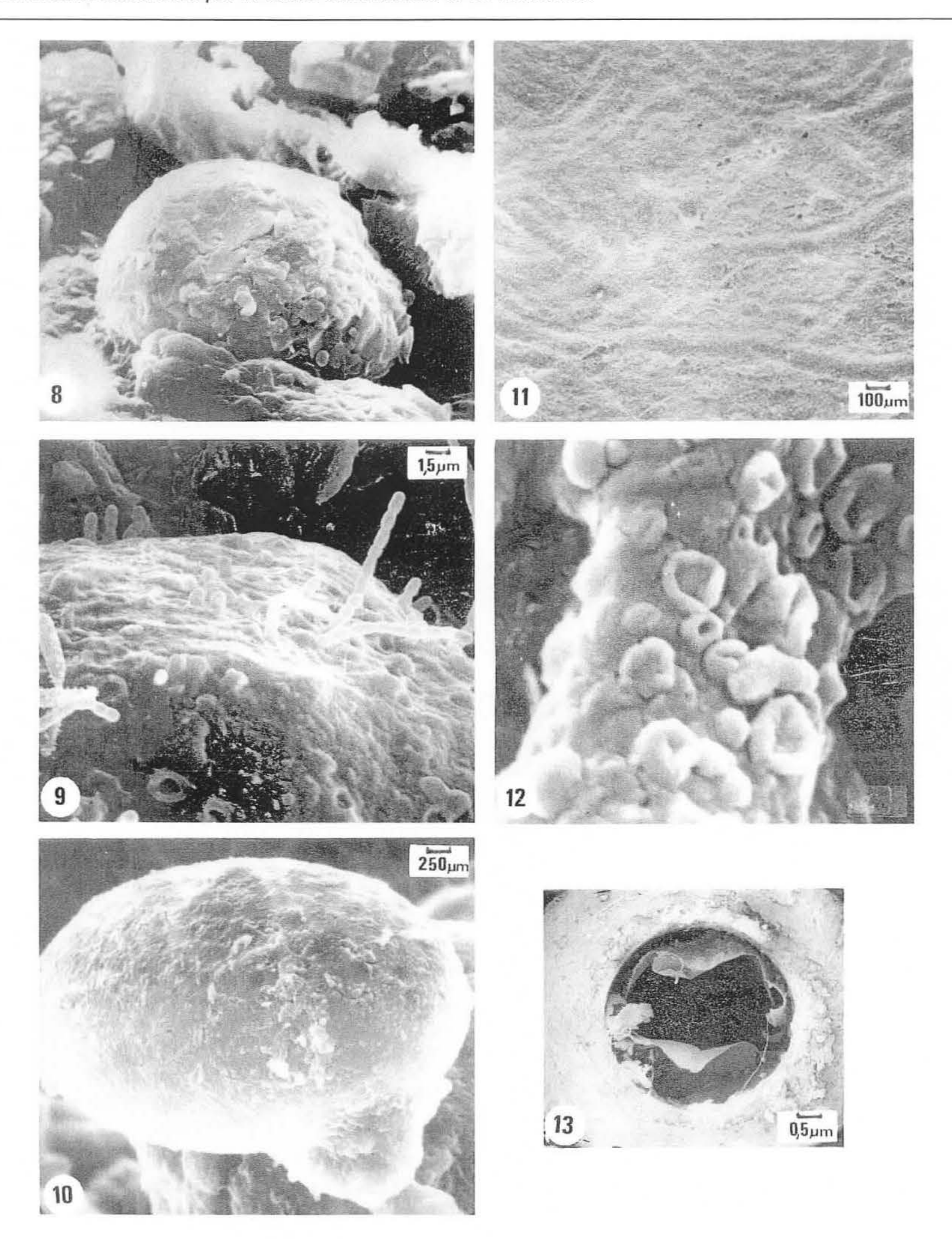


Planche III. *Traces d'organismes sur les matériaux du sol.*
Figure 8. *Thécamoebiens (protozoaires), thèque exogène à revêtement argilo-siliceux en place dans un sol de limon.*
Figure 9. *Nodule d'oxyde de fer et de manganèse dans l'horizon B d'un sol de limon. Bactéries filamenteuse, cratères de dissolution.*
Figure 10. *Oeuf de* Tyrophagus putrescentiae *(acarien).*
Figure 11. *Piste de nématodes sur une argile de grotte.*
Figure 12. *Filament mycélien, ornementation subcirculaire et revêtement argileux.*
Figure 13. *Terrier de* Maldane glebifex *(ver, polychète) dans un sédiment marin. Coupe transversale, revêtement muqueux interne.*

Planche III. Traces of organisms on soil materials.

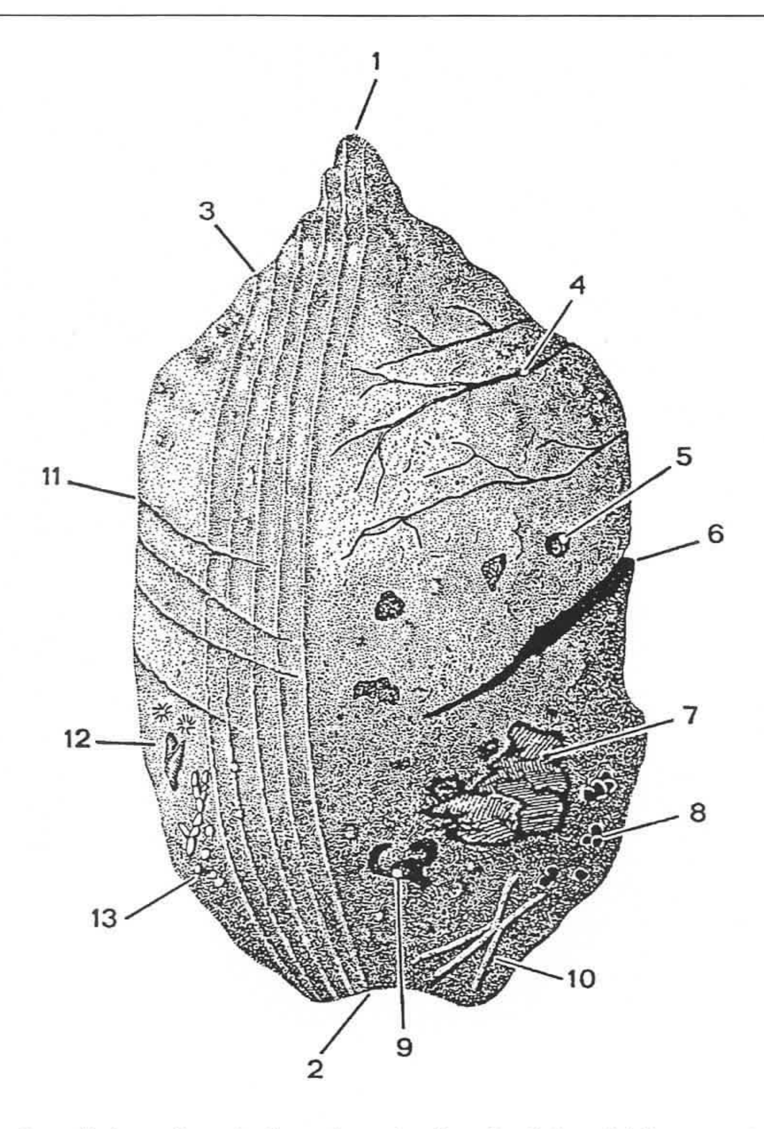


Planche IV. *Concrétion-déjection cylindroconique de* Glomeris *sp. (myriapode, diplopode); longueur 1 à 2 mm ; schéma de synthèse de la surface d'après photos à la loupe binoculaire et au microscope à balayage (MEB) :*
1 – extrémité postérieure à protubérance conique. 2 – extrémité postérieure à dépression centrale.
3 – rainures et cannelures entre les deux extrémités. 4 – traces de mycélium.
5 – taches de carbonate de calcium ou d'oxydes ferriques. 6 – cassure.
7 – débris végétaux. 8 –turricules de nématodes, à la surface.
9 – id. dans une cavité. 10 – canalicules, sillons, pistes de nématodes.
11 – stries oblique de frottement. 12 – cristaux de calcite en rosette, en baguette, au MEB.
13 – bactéries filamenteuses et en sphérules, au MEB.

Planche IV. Cylindroconic faecal pellet of *Glomeris sp.* (Diplopoda) ; length : 1 to 2 mm. Synthetic drawing after photographs 'Stereomicroscope and SEM).
1 – anterior end with cone-shaped protuberance. 2 – posterior end with central depression.
3 – grooves and striation between the two ends. 4 – mycelium traces.
5 – stains of calcium carbonate or ferric oxydes. 6 – break.
7 – vegetal fragments. 8 – nematod excreta, on the surface.
9 – id., in a cavity. 10 – small grooves and nematod trails.
11 – rubbing oblique scores. 12 – rosette and stick-shaped calcite crystal, SEM.
13 – filamentous and spheruleous bacteria, SEM.

Dessin de synthèse réalisé par J. Rebière Laboratoire de Zoologie-Arthropodes MNHN, Paris.